

CONCRETO ESTRUTURAL

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Abril de 2020



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 117 Rev.01

Especificação Particular para Execução de

Concreto Estrutural

Designação ARTERIS ES 117- Rev. 01- Abril/2020



1. PREFÁCIO

A Arteris não é uma entidade normativa. O conteúdo deste documento é uma compilação feita sob a responsabilidade do Centro de Desenvolvimento Tecnológico-CDT da Arteris, apoiado nas orientações e supervisão de Manoel Charles Terencio de Oliveira.

Esta compilação de textos foi feita por Miguel Moreira de Castro; com organização de Guilherme Linhares; e colaboração de Fernando Ramos de Castro; Júlio Rebelo; Diogo Morais; Hiago Diorleans; André Martins Supp; Gustavo Martins Rubira; Luiz Carlos Rister Junior; Paulo Cezar Ribeiro e Ervane José Magalhães.

Este documento tem o objetivo de promover a difusão de conhecimentos entre colaboradores da Arteris e de servir como instrumento de treinamento para estes e para terceiros.

2. ESCOPO

Esta Especificação Particular contém os requisitos e exigências a serem obedecidos para a composição, produção, controle e recebimento dos concretos, utilizados na execução de estruturas de concreto e das propriedades do concreto fresco e endurecido, além de estabelecer parâmetros para a fiscalização, aceitação, medição, e recebimento dos concretos, utilizados nas obras de arte especiais e outras, executadas nas rodovias administradas pelo grupo ARTERIS.

3. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta, obrigatória, para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

- NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, 2014.
- NBR 16697. Cimento Portland comum, Rio de Janeiro, 2018.

- NBR 16697. Cimento Portland de alta resistência inicial, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 16697. Cimento Portland Pozolânico, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 16697. Cimento Portland resistente a sulfatos, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 16697. Cimento Portland de alto forno, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 5741. Extração e preparação de amostras de cimentos, Rio de Janeiro, 2019.
- NBR 7215. Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2019.
- NBR 11579. Cimento Portland - Determinação do índice de finura por meio da peneira 75µm (nº200), Rio de Janeiro, 2013.
- NBR 16372. Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar [método Blaine], Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 16606. Cimento Portland – Determinação da pasta de consistência normal, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 16607-Cimento Portland – Determinação dos tempos de pega, Rio de Janeiro, 2017.
- NBR 7211-Agregado para concreto - Especificação, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR NM 26-Agregados-Amostragem, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR NM 248-Agregados-Determinação da Composição Granulométrica, Rio de Janeiro, 2003.
- NBR NM 52-Agregado miúdo-Determinação da massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR NM 45-Agregados-Determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.
- NBR NM 53-Agregado Graúdo-Determinação da massa específica e massa específica aparente e Absorção de água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 7221-Agregado-Índice de desempenho de agregados miúdos contendo impurezas orgânicas Método de Ensaio, Rio de Janeiro, 2012.
- NBR 6467-Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2006.
- NBR 7809-Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - - Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2006.
- NBR NM 51-Agregado Graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles-Método de Ensaio, Rio de Janeiro, 2001.
- NBR 12655-Concreto de cimento Portland-Preparo, controle e recebimento e aceitação- Procedimento, Rio de Janeiro, 2015.

- NBR 12821- Preparação de concreto em Laboratório-Procedimento, Rio de Janeiro, 2009
- NBR NM 33-Concreto-Amostragem de concreto fresco, Rio de Janeiro, 1998.
- NBR NM 67-Concreto-Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone-Método de Ensaio, Rio de Janeiro, 1998.
- NBR 15823-1 a 6 Concreto Auto Adensável, Rio de Janeiro, 2017.
- NBR NM 47 Concreto-Determinação do teor de ar em concreto fresco-Método, Rio de Janeiro, 2003.
- NBR 9833 Concreto fresco-Determinação da massa específica, do rendimento e do teor de ar pelo método gravimétrico, Rio de Janeiro, 2008.
- NBR 5738-Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova, Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 5739-Concreto- Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2018.
- NBR 12142-Concreto-Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos, Rio de Janeiro, 2010.
- NBR 7222-Concreto e Argamassa-Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2011.
- NBR 8522-Concreto-Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão, Rio de Janeiro, 2017.
- NBR 7680-1-Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 1: Resistência à compressão axial, Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 7680-2-Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto Parte 2: Resistência à tração na flexão, Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 11768-1-Aditivos químicos para concreto de cimento Portland-Requisitos, Rio de Janeiro, 2019.
- NBR 11768-2-Aditivos químicos para concreto de cimento Portland-Ensaio de desempenho, Rio de Janeiro, 2019.
- NBR 11768-3-Aditivos químicos para concreto de cimento Portland-Ensaio de caracterização, Rio de Janeiro, 2019.
- NBR 15777 Agregados-Reatividade Álcalis-Agregados, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-1 a 11-Água para amassamento do concreto, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-1-Água para amassamento do Concreto-Requisitos, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-2-Água para amassamento do Concreto-Coleta de Amostras de Ensaio, Rio de Janeiro, 2009.

- NBR 15900-3-Água para amassamento do Concreto-Avaliação preliminar, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-4-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de zinco solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-5-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de chumbo solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-6-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de cloreto solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-7-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de sulfato solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-8-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de fosfato solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-9-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de álcalis solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-10-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de nitrato solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 15900-11-Água para amassamento do Concreto-Análise química-Determinação de açúcar solúvel em água, Rio de Janeiro, 2009.
- NBR 8953-Concreto para fins estruturais - Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência, Rio de Janeiro, 2015.
- NBR 7212-Execução de concreto dosado em central- Procedimento, Rio de Janeiro, 2012.
- NBR 14931-Execução de estruturas de concreto- Procedimento, Rio de Janeiro, 2004.

4. DEFINIÇÕES

4.1. Concreto de cimento Portland: Material formado pela mistura, homogênea, de: cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários como: Aditivos químicos, metacaulim, sílica ativa, materiais pozolânicos, pigmentos e outros. O concreto é um material que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento [cimento e água]. Para os efeitos desta especificação particular, o termo “Concreto” se refere sempre a “concreto de cimento Portland”. [NBR 12655]

4.2. Concreto estrutural: Termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural. [NBR 6118].

4.3. Concreto simples estrutural: São concretos que não possuem qualquer tipo de armadura, ou que possuem armaduras em quantidade inferior ao mínimo exigido para o concreto armado. [NBR 6118]

4.4. Concreto armado: É aquele cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e no qual não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência. [NBR 6118]

4.5. Concreto protendido: São aqueles concretos nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura e propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado limite último. [NBR 6118]

5. MATERIAIS

Todos os materiais componentes do concreto devem satisfazer as exigências estabelecidas nas normas citadas nesta especificação particular.

5.1. Cimento

Na escolha do tipo de cimento deve-se ter bem claro, o objetivo da utilização deste material e considerar parâmetros como, calor de hidratação, características da peça [dimensões, volume], prazo de retirada das formas e cimbramentos [escoramento], local da execução da estrutura [classe de agressividade ambiental], detalhes arquitetônicos, como coloração, detalhes executivos e processo de cura. [NBRs 16697; 5741; 12655 e 6118].

5.2. Agregados

Os agregados, destinados à produção de concreto, podem ser de origem natural ou artificial, livres de impurezas orgânicas e devem possuir histórico de desempenho em concretos de qualidade similar e em condições de exposição equivalentes às do concreto previsto. Quando não se dispõe de antecedentes de desempenho seu uso para a produção de concreto deve ser baseado em estudos experimentais.

Antes do início da utilização do agregado, deve ser feita uma apreciação petrográfica para se conhecer a natureza mineralógica e para se ter indício do potencial reativo, ou não, do agregado.

Os agregados destinados à produção de concreto devem atender todas as exigências das NBRs 7221; 7211; 7809; 15777; NM 51; NM 248; 12655

5.3. Água

A água classificada como água potável é considerada adequada ao preparo de concretos. No entanto, deve ser analisada e precisa atender todos os requisitos da NBR 15900.

5.4. Aditivos

Aditivos químicos para concreto de cimento Portland, são produtos que adicionados, aos concretos, em pequena quantidade, conforme prescrição do fabricante, modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições.

Os aditivos utilizados em concreto de cimento Portland devem cumprir todos os requisitos estabelecidos na NBR 11768.

5.5. Caracterização

Todos os materiais componentes do concreto devem ter suas características definidas através de ensaios laboratoriais, antes do estudo de dosagem. Estes resultados ou características servem como referência para eventuais correções do estudo de dosagem.

6. CONCRETO

6.1. Dosagem dos concretos

A composição ou formulação do concreto deve ser definida, por meio de um estudo de dosagem racional e experimental, com a devida antecedência em relação ao início da concretagem da obra. Recomenda-se que este período de antecedência seja, de no mínimo, de 30 dias para um estudo de dosagem e de 20 dias para uma análise teórica de traços apresentados que tenham eficácia comprovada.

O estudo de dosagem deve ser realizado no laboratório, da central de concreto fornecedora ou laboratório de referência, com os mesmos materiais a serem utilizados e nas mesmas condições de quando forem empregados na obra.

O estudo de dosagem é um conjunto de procedimentos necessários para a obtenção de um traço de concreto que atenda aos requisitos especificados pelo projeto estrutural e que atenda também às características da estrutura. Este estudo deve ser feito por profissional qualificado e especialista em tecnologia de concreto.

O estudo de dosagem é de obrigação da central de concreto fornecedora e de interesse da construtora, adquirente de concreto, bem como da contratante e fiscalizadora e trata-se da medida dos materiais, componentes do concreto, para elaboração do volume desejado.

O estudo de dosagem também poderá ser de responsabilidade da construtora, quando esta for a proprietária da central de concreto. Nestas condições a construtora deverá manter, no canteiro de obras, um Laboratório, próprio ou contratado, **onde a fiscalização tenha livre acesso.**

O concreto deve ser dosado, de forma criteriosa, a fim de evitar ou, pelo menos, minimizar sua segregação no estado fresco, tendo-se em consideração as operações de mistura, transporte, lançamento e adensamento.

Antes do início da concretagem deve ser preparada uma amassada do concreto para comprovação e eventual ajuste do traço definido no estudo de dosagem. Todos os resultados de ensaios e registros efetuados no ajuste e comprovação do traço devem ser juntados à documentação citada em 7.4.

O cálculo da dosagem do concreto deve ser feito toda vez que houver uma mudança de marca, tipo ou classe do cimento, assim como na procedência, características e qualidade dos agregados e demais materiais.

Este fato, obrigatoriamente, terá que ser comunicado à fiscalização.

6.2. Cálculo da resistência de dosagem

A resistência de dosagem deve atender às condições de variabilidade que possa ocorrer durante a construção. Esta variabilidade é medida pelo desvio-padrão, S_d , e é levada em conta no cálculo da resistência de dosagem, segundo a equação:

$$f_{cj} = f_{ck} + 1,65 S_d$$

Onde:

f_{cj} - Resistência média do concreto à compressão, prevista para a idade de j dias, em mega pascal [MPa].

f_{ck} - Resistência característica do concreto à compressão, em mega pascal [MPa].

S_d - Desvio-padrão “da dosagem”, em mega pascal [MPa]

6.3. Medida dos materiais componentes do concreto

A base de medida do concreto para o estabelecimento da sua composição, da sua requisição comercial ou fixação do seu volume é o metro cúbico de concreto no **estado fresco adensado**.

Os materiais para concreto de classe **C20 e não estruturais**, de acordo com a **NBR 8953**, podem ser medidos em massa, ou em massa combinada com volume. **Massa combinada com volume, significa que o cimento seja sempre medido em massa e que o canteiro deva dispor de meios**

que permitam a confiável e prática conversão de massa para volume de agregados, levando em conta a umidade da areia.

Os materiais para concretos de classes **C25** e superiores, de acordo com a **NBR 8953**, devem ser medidos, sempre, em massa.

Nota: Em qualquer situação os traços de concreto oriundos dos estudos de dosagem deverão ser submetidos ao crivo de fiscalização para que esta descida pela sua utilização ou não.

6.4. Condições de preparo do concreto

O cálculo da “**resistência de dosagem**” do concreto depende, entre outras coisas, das condições de preparo do concreto, definidas abaixo:

Condição A- Nesta condição o cimento e os agregados são medidos em massa, a água de amassamento é medida em massa ou volume, com o emprego de dispositivo medidor e **corrigida em função da umidade** dos agregados.

Condição B- Esta condição só pode ser aplicada no preparo dos concretos de classe C10 e concretos de classe C20 não estruturais. Neste caso, a água de amassamento é medida em volume, com a utilização de dispositivo medidor, os demais materiais, cimento e agregados deverão ser medidos em massa ou em massa combinada com volume.

Por massa combinada com volume, entende-se que o cimento seja sempre medido em massa e que o canteiro de obras deva dispor de meios que permitam a confiável e prática conversão de massa para volume de agregados, levando em conta a umidade da areia.

Neste caso a umidade do agregado miúdo deve ser determinada pelo menos três vezes durante um mesmo turno de concretagem.

O volume de agregado miúdo deve ser corrigido através da curva de inchamento estabelecida especificamente para o material utilizado.

Condição C- Esta condição é aplicável, apenas, aos concretos de classe C10 e C15, onde o cimento é medido em massa e os agregados são medidos em volume, a água de amassamento é medida em volume e a sua quantidade é corrigida em função da **estimativa** da umidade dos agregados e da determinação da consistência do concreto, conforme disposto na NBR NM 67.

Tabela 1–Desvio-padrão em função da condição de preparo do concreto

Condição de preparo do concreto	Desvio padrão-MPa
A	4,0
B	5,5
C ¹	7,0

1 Para a condição de preparo C, e enquanto não se conhece o desvio-padrão, exige-se para os concretos de classe C15 o consumo mínimo de 300 kg de cimento por metro cúbico de concreto.

6.5. Traço ou composição do concreto

O traço é composto pelas quantidades, em massa ou volume, dos vários componentes do concreto, normalmente referidos ao cimento.

O traço deve ser expresso em quantidades de materiais por metro cúbico de concreto e é esta formulação que, através de uma “Carta-Traço”, conforme **NBR 7212**, deverá ser oferecida ao adquirente de concreto, juntamente com todas as características dos materiais componentes, para que a fiscalização possa fazer uma avaliação, aprovando ou não, o produto oferecido.

6.6. Mistura

Os componentes do concreto, medidos de acordo com o indicado no item anterior 5.4, devem ser misturados até formar uma massa homogênea. A operação de mistura pode ser executada **na obra**, na central de concreto [central misturadora] ou em central dosadora [com mistura em caminhão-betoneira]. Quando a mistura for realizada em central de concreto ou em caminhão-betoneira, deve obedecer ao disposto na **ABNT NBR 7212**, no que se refere ao equipamento de mistura.

7. RESPONSABILIDADES

O proprietário da obra e o responsável técnico por ele designado devem garantir o cumprimento desta especificação particular e manter documentação que comprove a qualidade do concreto conforme descrito em 7.4.

O concreto para fins estruturais deve ter suas características e propriedades definidas de maneira clara, antes do início das operações de concretagem.

7.1. Projetista da estrutura

A este profissional cabe a responsabilidade por alguns registros que devem ser **obrigatórios nos contratos** e em todos os desenhos e memórias que descrevem o projeto tecnicamente como: A **resistência característica à compressão** do concreto, f_{ck} , com dispensa explícita para determinado desenho ou folha da memória.

Especificação de f_{cj} para as etapas construtivas, como na retirada de cimbramento; na aplicação de protensão ou no manuseio de pré-moldados.

Especificação dos requisitos correspondentes à durabilidade da estrutura e elementos pré-moldados, durante sua vida útil, inclusive da **classe de agressividade**, item a ser observado por quem efetua o **estudo de dosagem do concreto**.

Especificação dos requisitos correspondentes às propriedades especiais do concreto, durante a fase construtiva e vida útil da estrutura, tais como: módulo de deformação mínimo na idade de desforma, movimentação de elementos pré-moldados ou aplicação da protensão. Além de outras propriedades necessárias à estabilidade e à durabilidade da estrutura.

7.2. Executante da obra

São da inteira responsabilidade do profissional, ou empresa, responsável pela execução da obra de concreto:

- 7.2.1. A escolha da modalidade de preparo do concreto, se dosado in-loco, pelo próprio executante da obra, obedecendo as condições de preparo da NBR 12655, ou dosado em central de concreto, por empresa de serviço de concretagem, conforme NBR 7212.
- 7.2.2. A escolha do tipo de transporte do concreto a ser empregado na execução da obra, se de lançamento convencional ou através de bombeamento.
- 7.2.3. A escolha da classe de consistência; da dimensão máxima característica do agregado graúdo, tendo em conta as dimensões de fôrmas, as espessuras de peças, a densidade de armadura e o cobrimento previsto.
- 7.2.4. Atendimento de todos os requisitos de projeto e condições de aplicação.
- 7.2.5. A escolha dos materiais a serem empregados.
- 7.2.6. A aceitação do concreto fresco, neste caso, com o aval do representante da fiscalização.
- 7.2.7. Os cuidados requeridos pelo processo construtivo e pela retirada do escoramento, levando em consideração as peculiaridades dos materiais [em particular do cimento] e as condições de temperatura ambiente.

7.2.8. A certificação de que todos os requisitos desta especificação particular estão atendidos.

Os itens 7.2.2 e 7.2.3 devem ser mencionados quando da solicitação do concreto à central de concreto.

7.3. Como pedir o concreto.

O responsável pelo pedido de concreto deve, sempre, solicitar um traço aprovado. Pedir e documentar registrando: o volume total solicitado, volume por remessa, classe de resistência, classe de consistência ou classe de espalhamento, dimensão máxima característica do agregado graúdo e outras especificidades, se existirem, como classe de agressividade ambiental a ser respeitada, introdução de adições, aditivos e ou outros.

7.4. Como receber o concreto.

O recebimento do concreto é a verificação da conformidade das propriedades especificadas para o concreto no estado fresco NBR 12655. Esta verificação é efetuada antes da descarga. No caso do concreto dosado em central, esta verificação abrange também a aprovação da documentação correspondente ao pedido de concreto.

O documento de entrega, que acompanha cada remessa do concreto, deve conter: O local de entrega; o consumo de cimento por metro cúbico de concreto; Marca, tipo e classe do cimento; A resistência característica à compressão do concreto-fck; O volume de concreto solicitado por remessa; a hora de início da mistura; a classe de consistência ou de espalhamento; a dimensão máxima característica [DMC] do agregado graúdo; e o volume de água complementar, se for o caso.

O responsável pelo recebimento do concreto é o executante da obra, adquirente do concreto, ou alguém por este designado, acompanhado da fiscalização do proprietário da obra.

A documentação comprobatória do cumprimento desta Especificação Particular [como relatórios de ensaios, laudos e outros] deve estar disponível no canteiro de obra, durante toda a construção, e deve ser arquivada e preservada pelo prazo previsto na legislação vigente.

No caso de concretos preparados por empresa de serviços de concretagem a central de concreto deve assumir a responsabilidade relativa às etapas de preparo do concreto, bem como as disposições desta Especificação Particular e da NBR 7212. A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável técnico da obra, para o representante do proprietário da obra e, também, arquivada na empresa de serviços de concretagem, sendo preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

Quando as etapas ou formas de preparo do concreto forem realizadas de maneira diferente das definidas, nesta Especificação Particular, as responsabilidades devem ser claramente estabelecidas em contrato entre as partes.

Por exemplo quando a mistura e o transporte do concreto forem realizados por empresa de serviços de concretagem, sendo o estudo de dosagem ou a escolha dos materiais indicada por outra pessoa, legalmente qualificada.

7.4.1. Ensaios de controle do recebimento do concreto fresco

7.4.1.1. Consistência

Para o recebimento do concreto deve-se efetuar a medida da consistência, com o emprego do tronco de cone ou cone de Abrams [*Slump-Test*], segundo a NBR NM-67 ou espalhamento e habilidade passante em fluxo livre, para os concretos auto adensáveis, conforme [NBR 15823], se a fiscalização julgar necessário, deverá ser determinado o percentual de ar aprisionado ou incorporado, de acordo com a [NBR NM 47] ou [NBR 9833] se o agregado do concreto for muito poroso. Utiliza-se o mesmo procedimento e determina-se a massa específica do concreto fresco. Estes parâmetros, deverão estar de acordo com o que foi estabelecido no estudo de dosagem, além do que deve também, ser feita uma avaliação, subjetiva, da coesão e da trabalhabilidade.

Coesão é a capacidade do concreto de resistir à segregação.

Trabalhabilidade é a de facilidade com que o concreto se deixa manusear para ocupar todos os espaços da fôrma onde está inserido, com o mínimo de esforço de adensamento e sem segregação.

Para os concretos preparados pelo executante da obra [dosado In-Loce], devem ser realizados ensaios de medida da consistência sempre que ocorrerem alterações na umidade dos agregados e nas seguintes situações:

—Na primeira amassada do dia — ao reiniciar o preparo após uma interrupção da jornada de concretagem de pelo menos 2 h — na troca de operadores de equipamentos de mistura — cada vez que forem feitas coletas para moldagem de corpos-de-prova.

NBR 12655

—Para os concretos preparados por empresa de serviços de concretagem, devem ser realizados ensaios de consistência a cada betonada recebida na obra [Cada Caminhão Betoneira]. NBR 12655-2015, item 6.1

7.5. Coleta de mostra para moldagem de corpos de prova

A coleta de amostras deve ser realizada durante a operação de descarga, conforme NBR NM 33, após a descarga dos primeiros **15%** e **antes de completar a descarga de 85%** do volume total da betonada, devendo ser realizada em dois ou mais períodos, regularmente espaçados, dentro de um limite de tempo indicado.

O tempo decorrido entre a obtenção da primeira e da última porções de uma amostra composta será o menor possível, não devendo em nenhum caso ser superior a 15 min. O volume da amostra deve ser pelo menos 1,5 vez a quantidade necessária para a realização dos ensaios. Para ensaios de resistência à compressão, a amostra mínima será de 30 L.

7.6. Moldagem de corpos de prova

Concluídos os ensaios de controle do recebimento do concreto fresco, feitos todos os registros de resultados e a remessa de concreto estando aceita, esta é encaminhada para a descarga, de onde o concreto é transportado, pelo meio escolhido, até a sua posição definitiva na peça. Aguarda-se a descarga dos primeiros **15%**, do volume da betonada, para efetuar a coleta para a moldagem dos corpos de prova, medição da massa específica e do percentual de ar aprisionado ou incorporado. A amostra de concreto destinada à preparação de corpos de prova deve ser obtida de acordo com o definido na NBR NM 33.

Registrar, para posterior referência, a data e hora de adição da água de mistura, na central de concreto, hora e volume de adição de água complementar, se for o caso, o local de aplicação do concreto, a hora da moldagem e o abatimento obtido.

As amostras empregadas nos ensaios de abatimento, teor de ar e massa específica devem ser descartadas.

A dimensão básica do corpo de prova deve ser no mínimo quatro vezes maior que a dimensão máxima nominal do agregado graúdo do concreto.

As partículas de dimensão superior à máxima nominal, que ocasionalmente sejam encontradas na moldagem dos corpos-de-prova, devem ser eliminadas por peneiramento do concreto, de acordo com a NBR NM 36.

Concluída a coleta, fazer a uma prévia homogeneização da amostra para garantir a sua uniformidade e colocar o concreto dentro dos moldes, utilizando uma concha de seção U, em número de camadas que corresponda ao que determina a **tabela 4** abaixo.

Ao introduzir o concreto, deslocar a concha ao redor da borda do molde, de forma a assegurar uma distribuição simétrica e, imediatamente, com a haste em movimento circular, nivelar o concreto antes de iniciar seu adensamento.

Nota: Recomenda-se que o profissional responsável pela moldagem dos corpos de prova (Auxiliar, Laboratorista, Inspetor ou tecnologista), seja qualificado, conforme NBR 15146-1

A moldagem dos corpos de prova deve ser feita conforme NBR 5738 e como indicado nas tabelas 2, 3 e 4 abaixo.

Sempre que possível, os corpos de prova devem ser moldados no local onde devem permanecer durante o período da cura inicial evitando-se, assim, o manuseio e transporte dos corpos de prova recém-moldados.

Quando isto não for possível, os corpos de prova devem ser levados, imediatamente após a moldagem, até o local onde devem permanecer durante o período da cura inicial, conforme **item 7.7**.

Tabela 2-Dimensões do CP e Vão de Ensaio		
Dimensão Básica mm	Comprimento Mínimo mm	Vão de Ensaio^a
100	350	300
150	500	450
250	800	750
450	1400	1350
a: Conforme NBR 12142		

Tabela 3-Classe de Consistência		
Classe	Abatimento mm	Método de Adensamento
S10	$10 \leq A < 50$	Mecânico
S50	$50 \leq A < 100$	Mecânico ou Manual
S100	$100 \leq A < 160$	
S160	$160 \leq A < 220$	Manual
S220	$A \geq 220$	

Nota: Para concretos especiais, o procedimento de moldagem pode ser modificado, de modo a simular o adensamento a ser empregado na obra, de acordo com o responsável pela obra.

Tabela 4-Número de camadas para moldagem dos corpos de prova^a

Tipo de corpo de prova	Dimensão básica (D) mm	Número de camadas em função do tipo de adensamento		Número de golpes para adensamento manual
		Mecânico	Manual	
Cilíndrico	100	1	2	12
	150	2	3	25
	200	2	4	50
	250	3	5	75
	300	3	6	100
	450	5	--	--
Prismático	100	1	1	75
	150	1	2	75
	250	2	3	200
	450 ^b	3	--	--

a: Para concretos com abatimento superior a 160 mm, a quantidade de camadas deve ser reduzida à metade da estabelecida nesta Tabela. Caso o número de camadas resulte fracionário, arredondar para o inteiro superior mais próximo.

b: No caso da dimensão básica 450 mm, só será permitido adensamento mecânico.

7.6.1. Idade de Moldagem

Cada moldagem efetuada, seja para a determinação da resistência à compressão, resistência a tração na flexão ou a tração por compressão diametral, obrigatoriamente terá que ter um exemplar para a idade de controle [28 dias], outras idades como: 3, 7, 14, 21, 63 e 91, por exemplo, devem constar do plano de amostragem, previamente estabelecido, ou fica a critério da fiscalização exigir, ou

do gestor determinar. Para execução de outros ensaios como modulo, por exemplo, se não constar do plano, a fiscalização exige a quantidade, conforme a necessidade.

7.7. Cura

7.7.1. Cura inicial do Corpo de Prova

Após a moldagem, colocar os moldes sobre uma superfície horizontal rígida, livre de vibrações e de qualquer outra causa que possa perturbar o concreto.

Durante as primeiras 24 h (no caso de corpos-de-prova cilíndricos), ou 48 h (no caso de corpos-de-prova prismáticos), todos os corpos-de-prova devem ser armazenados em local protegido de intempéries, sendo devidamente cobertos com material não reativo e não absorvente, com a finalidade de evitar perda de água do concreto.

7.7.2. Manuseio e Transporte do Corpo de Prova

Após o período de cura inicial, os corpos-de-prova serão retirados dos moldes e destinados a um laboratório. Devem ser transportados em caixas rígidas, contendo serragem ou areia molhada. Quando isto não possível, os corpos de prova deverão ser transportados, até o Laboratório, dentro do próprio molde.

O transporte deve ser feito de maneira cuidadosa, de modo a evitar golpes, choques, exposição direta ao sol ou outra fonte de calor, evitando-se, assim, temperaturas elevadas e perda de umidade.

7.7.3. Os corpos de prova moldados têm o objetivo de:

A- Comprovar a qualidade e a uniformidade do concreto durante a construção.

Neste caso os corpos de prova serão desmoldados e identificados, após o período de cura inicial e serão ensaiados para verificar a qualidade e a uniformidade do concreto ou para decidir sobre sua aceitação, conforme estabelecido na NBR 12655. Imediatamente à desmoldagem e identificação os corpos de prova deverão ser armazenados e submetidos a processo de cura até o momento do ensaio. Deve-se evitar o empilhamento de corpos de prova.

Nota: 1 A temperatura do ar da câmara úmida ou da água do tanque de cura pode ser mantida no intervalo de $(21 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C})$, $(25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C})$ ou $(27 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C})$. O intervalo adotado deverá ser registrado no relatório de ensaio.

Nota: 2 Impedir a secagem, das superfícies dos corpos de prova, entre o momento em que são retirados do local de cura e a realização do ensaio.

B- Verificar as condições de proteção e cura do concreto.

Neste caso os corpos de prova devem ser desmoldados, identificados e imediatamente armazenados **sobre a estrutura**, em local o mais próximo possível de onde foi extraída a amostra de concreto para a moldagem.

Esses corpos de prova devem receber, em toda sua superfície, as mesmas proteções contra as ações climáticas e os mesmos cuidados de cura, que a estrutura de concreto que representam.

Após o período de cura especificado para as estruturas, os corpos de prova devem permanecer no mesmo local e expostos às mesmas condições climáticas que as estruturas, até que sejam enviados ao laboratório para serem ensaiados na idade indicada.

Os corpos de prova devem permanecer na obra, nas condições indicadas por, pelo menos $\frac{3}{4}$ da idade de ensaio.

Ao chegar ao laboratório, os corpos de prova devem ser mantidos em câmara úmida até o momento do ensaio.

8. ENSAIOS DE CONTROLE DO CONCRETO ENDURECIDO

8.1. Ensaio de resistência à compressão em corpos de prova cilíndricos.

8.1.1. Preparo dos corpos de prova

Até a idade de ensaio, os corpos de prova devem ser mantidos em processo de cura úmida ou saturada, nas condições preconizadas, conforme o caso, pelas NBR 5738, NBR 7680 e NBR 9479.

Os corpos de prova moldados devem atender ao estabelecido na NBR 5738.

Os corpos de prova testemunhos, extraídos de estruturas de concreto endurecido, devem atender ao estabelecido na NBR 7680.

Antes da execução do ensaio, devem ser preparadas as bases dos corpos de prova, moldados e extraídos, conforme estabelecido na NBR 5738.

Após a preparação das bases, deve-se garantir que os corpos de prova mantenham sua condição de cura.

Nota: 3 Recomenda-se que o ensaio seja realizado, o mais rápido possível, após a retirada do corpo de prova do seu local de cura.

Nota: 4 Dependendo do tipo de acabamento dado às bases do corpo de prova é recomendado fazê-lo antecipadamente.

9. MÁQUINA DE ENSAIO

Tanto para Laboratório de controle central, quanto para Laboratório instalado em canteiro de obra ou central de concreto, a prensa deve ser de acionamento elétrico e ter capacidade, mínima, de carga de 2000 kN [200000 kgf], para Laboratório de controle central e 1000 KN [100000 kgf], para Laboratório instalado em canteiro de obra ou Central de concreto, e deve possuir, tanto uma quanto a outra, dispositivos, opcionais, para a realização de ensaios de resistência à compressão axial, em corpos de prova cilíndricos, de calda de cimento, argamassa e concreto, nas configurações 50X100 mm, 100x200mm e 150x300 mm , bem como dispositivos para realização dos ensaios de resistência à compressão diametral, resistência a tração por flexão e módulo de elasticidade. A prensa deve ser dotada de controle de velocidade e aplicar carga de forma contínua, sem choque e sem interferência do operador.

Em nenhuma hipótese será aceito qualquer tipo de prensa com acionamento manual.

A máquina de ensaio deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela NBR NM 7500-1.

A máquina de ensaio ou prensa deve estar aferida, por empresa acreditada pelo INMETRO, conforme NBR NM 7500-1 e deve-se, em condições normais, manter um registro de aferição em intervalo não superior a 12 meses. Recomenda-se, entretanto que, sempre que se suspeitar da existência de erro do equipamento, fazer uma aferição extraordinária. Recomenda-se, ainda, que seja feita uma nova aferição sempre que o equipamento passar por alguma operação de manutenção ou quando houver deslocamento do equipamento de um local para outro.

10. EXECUÇÃO DO ENSAIO

O ensaio será executado conforme NBR 5739

10.1. Preparo dos corpos de prova

10.2. Determinar o diâmetro médio do corpo de prova, utilizando duas medidas feitas, ortogonalmente, na metade da altura do corpo de prova, para o cálculo da área de sua seção transversal.

10.3. Determinar a altura do corpo de prova, medida sobre seu eixo longitudinal, incluindo o capeamento.

Nota: 5, caso exista um controle geométrico dos moldes, conforme recomendado pela NBR 5738, pode-se dispensar a medição do diâmetro e da altura, adotando-se as dimensões nominais.

10.4. Antes de iniciar o ensaio, as faces dos pratos da máquina e do corpo de prova devem ser limpas e secas antes do corpo de prova ser colocado na posição de ensaio.

10.5. O carregamento de ensaio deve ser aplicado continuamente e sem choque, com a velocidade de $0,45 \pm 0,15$ MPa/s. A velocidade de carregamento deve ser mantida constante durante todo o ensaio.

O carregamento só deve cessar quando houver uma queda de força, indicando que houve a ruptura.

10.6. A resistência à compressão deve ser calculada através da seguinte expressão:

$$f_c = 4F / \pi D^2$$

Onde:

f_c - Resistência à compressão, em Mega Pascal -Mpa

F - Força máxima alcançada, em Newton-N

D - Diâmetro do corpo de prova, em milímetro-mm

11. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

O relatório de ensaio de corpos de prova moldados, segundo a NBR 5738, deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Número de identificação do corpo de prova;
- Data da moldagem do corpo de prova;
- Idade do ensaio do corpo de prova;
- Data do ensaio;
- Dimensões do corpo de prova;
- Tipo de preparo das bases do corpo de prova;
- Classe da máquina de ensaio;
- Resultado da resistência à compressão, individual, dos corpos de prova e do exemplar;
- Tipo de ruptura do corpo de prova;
- Identificação da peça concretada;
- Resistência característica especificada f_{ck} ;

Nota: 6 O resultado da resistência à compressão deve ser expresso em Mega Pascal-MPa, com três (3) algarismos significativos.

Nota: 7 quando a discrepância entre resultados de um exemplar for muito acentuada, convém investigar o tipo de ruptura, pois podem ocorrer erros na coleta da amostra, na moldagem do

corpo de prova e ou no acabamento das faces do corpo de prova e a investigação, normalmente, leva à identificação do erro, que deve ser sanado.

11.1. A apresentação dos resultados de resistência à compressão de corpos de prova extraídos de estruturas deve obedecer aos prescrito na NBR 7680.

12. RESISTÊNCIA A TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL EM CORPO DE PROVA CILÍNDRICO

12.1. Corpos de prova Moldados

Da mesma forma que para os ensaios de resistência à compressão, os corpos para os ensaios de resistência a tração por compressão diametral são moldados e curados conforme recomendado na NBR 5738 (veja itens 7.6 e 7.7 desta especificação).

12.2. Corpos de prova extraídos (Testemunhos)

No caso dos corpos de prova extraídos de estruturas (Testemunhos), estes devem ser obtidos de acordo com a NBR 7680 e obedecer, no que for aplicável, ao estabelecido na NBR 5738.

12.3. Execução do ensaio

O ensaio será executado conforme estabelecido na NBR 7222.

12.4. Preparo do corpo de prova

Medir e anotar as dimensões do corpo de prova, moldado ou extraído.

12.5. Determinar o diâmetro médio do corpo de prova, com exatidão de $\pm 0,1$ mm, utilizando duas medidas feitas, ortogonalmente, na metade da altura do corpo de prova, para o cálculo da área de sua seção transversal.

12.6. Determinar a altura média, do corpo de prova, com precisão de 0,1 mm, através de duas medidas feitas sobre seu eixo longitudinal.

Nota: 8 No caso dos corpos de prova moldados, se existir um controle geométrico dos moldes, conforme recomendado na NBR 5738, pode-se dispensar a medição do diâmetro e da altura, adotando-se as dimensões nominais. No caso dos corpos de prova extraídos o procedimento é obrigatório.

12.7. Traçar, em cada extremidade do corpo de prova cilíndrico, uma linha reta diametral, de modo que as duas linhas resultantes fiquem contidas no mesmo plano axial.

Nota: 9 Este procedimento é dispensável quando se dispõe de um dispositivo auxiliar para o posicionamento do corpo de prova na máquina de ensaio.

12.8. Para os corpos de prova extraídos (Testemunhos) admite-se relação altura/diâmetro (h/d) entre um e dois (1 e 2)

12.9. Aplicação da carga

A carga deve ser aplicada de forma contínua e sem choques, a uma velocidade de $0,05 \pm 0,02$ MPa, com crescimento constante da tensão de tração até a ruptura do corpo de prova.

12.10. Cálculo da resistência

A resistência a tração por compressão diametral deve ser calculada de acordo com a expressão abaixo:

$$f_{ct,sp} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot d \cdot l}$$

Onde:

$f_{ct,sp}$ - Resistência à tração por compressão diametral, em Mega Pascal (MPa) e deve ser expressa com três algarismos significativos.

F - Força máxima obtida no ensaio, expressa em Newton (N);

d - Diâmetro médio do corpo de prova em milímetro (mm);

l - Comprimento médio do corpo de prova em milímetro (mm);

12.11. Apresentação dos resultados

O relatório de ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

- Procedência dos corpos de prova.
- Quantidade de corpos de prova ensaiados. Recomenda-se, no mínimo, dois corpos de prova por idade.
- Identificação dos corpos de prova.
- Data de moldagem ou concretagem, quando possível.
- Idade dos corpos de prova, quando possível.
- Data do ensaio.
- Diâmetro e altura dos corpos.
- Carga máxima de ruptura.
- Eventuais defeitos observados no corpo de prova.
- Resistencia à tração por compressão diametral, individual.
- Fazer referência à NBR 7222.

13. RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA FLEXÃO DE CORPOS DE PROVA PRISMÁTICOS

13.1. Máquina de ensaio

A máquina de ensaio deve atender aos valores máximos admissíveis determinados pela NBR NM 7500-1.

13.2. Dispositivo para a realização do ensaio

A máquina de ensaio deve ser equipada com dispositivo de flexão que assegure a aplicação de força perpendicularmente às faces superior e inferior do corpo de prova, sem excentricidade.

Deve ser garantida a perfeita ortogonalidade entre os eixos da máquina e do corpo de prova colocado no dispositivo. Deve-se garantir que o corpo de prova não contenha distorção de geometria.

13.3. Corpos de Prova

Os corpos de prova moldados, para o ensaio de resistência à tração na flexão, devem estar de acordo com o que estabelece a NBR 5738.

Os corpos de prova extraídos de estruturas de concreto, para o ensaio de resistência à tração na flexão, devem estar de acordo com o estabelecido na NBR 7680.

Os corpos de prova que tiverem sido curados em câmara úmida ou submerso em água devem ser ensaiados imediatamente após terem sido retirados do local de cura. Se, por algum motivo, for necessário transcorrer algum tempo entre a retirada da cura e o ensaio, tempo que nunca deve exceder 3 horas, os corpos de prova devem ser cobertos com pano úmido para garantir a sua umidade até o ensaio.

13.4. Preparação do corpo de prova

Linhas devem ser traçadas na face de acabamento do corpo de prova e na face oposta, fundo da forma, prolongando-se pelas laterais e na distância correspondente aos apoios, linhas estas que servirão para orientar a centralização do corpo de prova sobre o dispositivo de carregamento.

13.5. Procedimento de ensaio

Colocar o corpo de prova sobre os apoios, tendo-se o cuidado de deixá-lo corretamente centrado, orientando-se pelas linhas traçadas anteriormente. No caso de corpos de prova moldados, as faces laterais com relação à posição de moldagem devem ficar em contato com os elementos de aplicação de força e os apoios.

Caso não se obtenha um contato perfeito entre o corpo de prova e os apoios, polir as superfícies de contato do corpo de prova.

Aplicar a carga de forma contínua e sem choque, até a ruptura, de modo que o aumento de tensão sobre o corpo de prova esteja compreendido no intervalo de 0,9 MPa/min. e 1,2 MPa/min.

Após o término do ensaio, medir o corpo de prova em sua seção de ruptura, para determinar a largura e a altura médias, com precisão de 1 mm. Essas medidas devem ser o resultado da média de três determinações.

13.6. Cálculo da resistência.

A resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos deve ser calculada de acordo com a expressão abaixo:

$$f_{ct,f} = \frac{F \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Caso a ruptura ocorra fora do terço médio, a uma distância deste não superior 5% de l , calcular a resistência à tração na flexão pela seguinte expressão:

$$f_{ct,f} = \frac{3 \cdot F \cdot a}{b \cdot d^2}$$

Onde:

$f_{ct,f}$ - Resistência à tração na flexão, em Mega Pascal (MPa) e deve ser expressa com três algarismos significativos.

F - Força máxima obtida na máquina de ensaio, expressa em Newton (N);

l - Dimensão do vão entre apoios, expressa em milímetro (mm);

b - Largura média do corpo de prova, expressa em milímetro (mm);

d - Altura média do corpo de prova, expressa em milímetro (mm);

a - Distância média entre a linha de ruptura, na face tracionada, e a linha correspondente ao apoio mais próximo, expressa em milímetro (mm).

13.7. Apresentação dos resultados

O relatório de ensaio deve conter, no mínimo, as seguintes informações:

–Identificação do corpo de prova ou testemunho.

–Largura média do corpo de prova, em milímetro (mm) e calculada com aproximação de 1 mm.

–Altura média do corpo de prova, em milímetro (mm) e calculada com aproximação de 1 mm.

–Vão entre apoios, expresso em milímetro (mm)

–Força máxima, obtida na máquina de ensaio, expressa em Newton (N)

- Resistência à tração na flexão em Mega Pascal (MPa) e expressa com três algarismos significativos.
- Procedência dos corpos de prova.
- Quantidade de corpos de prova ensaiados. Recomenda-se, no mínimo, dois corpos de prova por idade.
- Data de moldagem ou concretagem, quando possível.
- Idade dos corpos de prova, quando possível.
- Data do ensaio.
- Eventuais defeitos ou anomalias observados no corpo de prova ou no ensaio.
- Fazer referência à NBR 12142.

14. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

14.1. Plano de concretagem

Todo lançamento de concreto, em qualquer elemento estrutural, com volume, a partir de 10 m³, deve seguir um plano de concretagem, previamente estabelecido e documentado, entre a empresa contratada, executante do serviço, o representante do proprietário da obra, a fiscalização designada pelo proprietário da obra e a empresa fornecedora de concreto.

14.2. Um bom plano de concretagem deve assegurar o fornecimento da quantidade adequada de concreto com as características necessárias e exigidas pela estrutura a ser concretada.

Devem ser considerados os requisitos básicos do sistema de fôrmas.

O sistema de fôrmas compreende as fôrmas, o escoramento, o cimbramento e os andaimes, incluindo seus apoios, bem como as uniões entre os diversos elementos, deve ser projetado e construído de modo a ter resistência às ações a que possa ser submetido durante o processo de construção, considerando:

— *Ação de fatores ambientais, como ventos, chuvas e tempestades.*

— *Ação de cargas da estrutura auxiliar e cargas acidentais.*

O plano de concretagem deve assegurar que o concreto deve ser preparado de modo a atender aos critérios de controle da qualidade previstos na NBR 12655.

Quando se tratar de concreto dosado em central, além dos requisitos da NBR 12655, o concreto deve ainda estar de acordo com o que estabelece a NBR 7212.

O plano de concretagem deve observar a área ou o volume a ser concretados em função do tempo de trabalho.

O plano de concretagem deve estabelecer uma relação entre as operações de lançamento e adensamento de modo que, esta relação seja, suficientemente, elevada para evitar a formação de juntas frias e baixa, o necessário, para evitar sobrecarga nas fôrmas e escoramentos.

O plano de concretagem deve prever juntas de concretagem, quando necessárias, a partir de definição, em comum acordo, entre os responsáveis pela execução da estrutura de concreto e, também, de acordo com características do projeto estrutural.

O plano de concretagem deve estabelecer o tipo de acabamento, final, que se pretende obter.

O plano de concretagem deve prever que a capacidade, de pessoal e de equipamentos, para o lançamento deve permitir que o concreto se mantenha plástico e livre de juntas não previstas durante a concretagem.

O plano de concretagem deve estabelecer que todos os equipamentos utilizados no lançamento do concreto devem estar limpos e em condições de utilização e devem permitir que o concreto seja levado até o ponto mais distante, a ser concretado na estrutura, sem sofrer segregação.

O plano de concretagem deve assegurar que os equipamentos devem ser dimensionados e adequados ao processo de concretagem escolhido e em quantidade suficiente, de forma a possibilitar que o trabalho seja desenvolvido sem atrasos e a equipe de trabalhadores deve ser suficiente para assegurar que as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto sejam realizadas a contento.

O plano de concretagem tem que prever que se a concretagem for realizada durante a noite, o sistema de iluminação deve permitir condições de inspeção, acompanhamento de execução e controle dos serviços e promover segurança na área de trabalho.

O plano de concretagem deve prever que a inspeção e liberação do sistema de fôrmas, das armaduras e de outros itens da estrutura devem ser realizadas antes da concretagem.

A metodologia de documentação da inspeção e liberação deve ser desenvolvida e aprovada pelas partes envolvidas antes do início dos trabalhos. Cada um desses aspectos deve ser cuidadosamente examinado, de modo a assegurar que está de acordo com o projeto, as especificações e as normas técnicas pertinentes.

O plano de concretagem deve prever que quando o concreto for lançado por meio de bombeamento ou quando, em função das dimensões da estrutura de concreto, houver grande quantidade de caminhões circulando, deve-se prever um local próximo ao de concretagem para que os caminhões aguardem o momento da descarga.

O plano de concretagem deve estabelecer a altura das camadas de concreto e o processo mais adequado de adensamento.

No caso de alta densidade de armaduras, cuidados especiais devem ser tomados para que o concreto seja distribuído em todo o volume da peça e o adensamento se processe de forma homogênea.

15. CONCRETAGEM

Esta especificação particular define como concretagem:

O transporte do concreto do ponto de mistura ou descarga até o local definitivo, o lançamento o espalhamento, o adensamento e o acabamento do concreto em uma peça, projetada e preparada para receber o concreto.

15.1. Modalidade de preparo do concreto

Existem duas modalidades, diferentes, de preparo do concreto destinado a construção de estruturas, como descrito a seguir:

15.1.1. Concreto preparado pelo executante da obra

As etapas de preparo do concreto são realizadas pelo executante da obra, de acordo com o que estabelece a NBR 12655.

15.1.2. Concreto preparado por empresa de serviços de concretagem

Neste caso a central de concreto deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto, conforme NBR 12655, bem como as disposições previstas na NBR 7212.

Neste caso a central de concreto deve assumir a responsabilidade pelo serviço e cumprir as prescrições relativas às etapas de preparo do concreto, conforme NBR 12655, bem como as disposições previstas na NBR 7212.

A documentação relativa ao cumprimento destas prescrições e disposições deve ser disponibilizada para o responsável pela obra e arquivada na empresa de serviços de concretagem, sendo preservada durante o prazo previsto na legislação vigente.

16. ESPECIFICAÇÃO DO CONCRETO

O concreto a ser especificado deve estar de acordo com o item 6 desta especificação particular. É da livre escolha do executante da obra, a modalidade de preparo do concreto, se dosado in-loco, obedecendo condições de preparo da NBR 12655, ou dosado em central de concreto, por empresa de serviço de concretagem.

O f_{ck} , o módulo de deformação mínimo, e o cobrimento da armadura são determinados pelo projetista.

A consistência do concreto, a dimensão máxima característica do agregado graúdo, são da escolha do executante da obra, respeitando as dimensões da peça, densidade da armadura, o cobrimento da armadura, o tipo de vibração, o tipo de transporte e o diâmetro da tubulação, quando o transporte for feito por bombeamento.

O concreto deve ser contratado e programado, com o fornecedor, especificando-se a resistência característica do concreto à compressão na idade de controle, conforme a ABNT NBR 12655, a dimensão máxima característica do agregado graúdo e o abatimento do concreto fresco no momento de entrega, de acordo com a ABNT NBR 7212.

É obrigatório que o traço do concreto tenha sido determinado através de estudo de dosagem racional e experimental, que a relação água cimento, estabelecida, respeite a classe de agressividade ambiental do local da obra.

É indispensável que o traço do concreto esteja aprovado pela fiscalização do proprietário da obra.

16.1. Condições operacionais na obra

Antes de fazer à mistura do concreto na obra ou fazer um pedido de entrega de concreto a uma central de concreto, é necessário verificar as condições operacionais dos equipamentos disponíveis no local de trabalho e sua adequabilidade ao volume de concreto a ser produzido e ou transportado. As condições e a quantidade disponível de equipamentos necessários ao lançamento e ao adensamento do concreto devem também ser verificadas, pela fiscalização, nesta etapa.

A equipe de trabalhadores devidamente treinados para a operação de concretagem deve estar dimensionada para realizar as etapas de preparo do concreto (se for o caso), lançamento, espalhamento, adensamento e acabamento, no tempo estabelecido.

No caso de concreto dosado em central, o trajeto a ser percorrido pelo caminhão betoneira no canteiro de obras até o ponto de descarga do concreto deve estar desimpedido e o terreno firme, de forma a evitar dificuldades na concretagem e atrasos no cronograma dessa operação.

A circulação dos caminhões deve ser facilitada, para que caminhões vazios possam deixar o local de descarga, dando espaço para entrada de outros.

É obrigatório ter no canteiro de obras, um local adequado e autorizado para a lavagem da bica após a descarga do concreto.

Providencias para que estas condições existam são de responsabilidade da empresa contratada, executante do serviço e de interesse da fiscalização.

16.2. Transporte do concreto na obra

O concreto deve ser transportado do local do amassamento ou do ponto de descarga do caminhão betoneira até o local da concretagem em um tempo compatível com as condições de lançamento, conforme NBR 14931. O meio utilizado para o transporte não deve acarretar desagregação dos componentes do concreto ou perda sensível de água, pasta ou argamassa por vazamento ou evaporação.

No caso de concreto bombeado, o diâmetro interno do tubo de bombeamento deve ser no mínimo quatro vezes o diâmetro máximo do agregado.

O sistema de transporte deve, sempre que possível, permitir o lançamento direto do concreto nas fôrmas, evitando o uso de depósitos intermediários. Quando estes forem necessários, devem ser tomadas precauções para evitar segregação.

Nota: Salvo em condições específicas definidas em projeto, ou influência de condições climáticas ou de composição do concreto, recomenda-se que o intervalo de tempo transcorrido entre o instante em que a água de amassamento entra em contato com o cimento e o final da concretagem não ultrapasse a 2 h 30 min.

Quando a temperatura ambiente for elevada, ou sob condições que contribuam para acelerar a pega do concreto, esse intervalo de tempo deve ser reduzido, a menos que sejam adotadas medidas especiais, como o uso de aditivos retardadores, que aumentem o tempo de pega sem prejudicar a qualidade do concreto.

Em nenhuma hipótese deve ser realizado o lançamento do concreto após o início da pega. Concreto contaminado com solo ou outros materiais não deve ser lançado na estrutura.

16.3. Liberação para concretagem

Antes da aplicação do concreto, deve ser feita uma inspeção, minuciosa, na estrutura a ser concretada.

-Formas: Verifica-se locação, cotas, alinhamento, fixação e travamento, prumo, nivelamento, embutidos, espaçadores, aterramento, limpeza, estanqueidade e o emprego de desmoldante, se for o caso.

-Armaduras: Verifica-se posição, bitola, espaçamento, quantidades, emendas, transpasses, comprimento, verticalidade, alinhamento, armaduras de espera, armações diversas, cobrimento e limpeza.

-Cimbramento: Verifica-se o projeto, se existir, conferindo espaçamento entre elementos verticais como torres ou escoras, espaçamento entre peças longitudinais e o travamento dessas estruturas.

-Equipamentos: Faz-se uma checagem da lista de equipamentos a serem utilizados na concretagem como: Bomba de concreto, vibradores, régua, carros de mão, gerador de energia, torres de iluminação, ferramentas manuais e outros.

-Itens de Segurança: Verifica-se a existência e disponibilidade de equipamentos de proteção individual [EPIs] como: Roupas de segurança, Botina, Capacete, Óculos, Protetor auricular, Máscaras, Luvas e Cinto de segurança.

-Equipamentos de proteção coletiva [EPC] como: Andaimos, Escadas, Pisos, Rodapés, Guarda Corpo, Linha de vida.

Todos os itens inspecionados devem ser anotados em impresso apropriado, que é a ficha de liberação da concretagem e estando tudo conforme, o documento deve ser assinado pelo executante da obra e pelo representante do proprietário.

16.4. Lançamento do Concreto

Após a liberação, para a concretagem, o concreto deve ser lançado e adensado de modo que toda a armadura, além dos componentes embutidos previstos no projeto, sejam adequadamente, envolvidos pela massa de concreto-NBR 14931.

O concreto deve ser lançado o mais próximo possível de sua posição definitiva, evitando-se incrustação de argamassa nas paredes das fôrmas e nas armaduras. No lançamento convencional, os caminhos não devem ter inclinação excessiva, de modo a evitar a segregação decorrente do transporte.

A distância de transporte, neste caso, não pode ser maior que 50m. A fôrma deve ser preenchida de maneira uniforme, evitando-se o lançamento em pontos concentrados, que possa provocar deformações do sistema de fôrmas. As fôrmas devem ser preenchidas em camadas de altura

compatível com o tipo de adensamento previsto, ou seja, em camadas de altura inferior à altura da agulha do vibrador. Em peças verticais e esbeltas, tipo paredes e pilares, pode ser conveniente utilizar concretos de diferentes consistências, de modo a reduzir o risco de exsudação e segregação. Nas peças altas e estreitas, a altura de queda livre do concreto não deve ultrapassar 2 m devendo-se ter cuidados, mais apurados, quanto maiores forem as alturas de lançamento e a densidade de armadura. Entre os cuidados que devem ser tomados, no todo ou em parte, recomenda-se o seguinte:

Emprego de concreto com teor de argamassa e consistência adequados.

Lançamento, inicial, de argamassa com a mesma composição da argamassa do concreto estrutural.

Uso de dispositivos que conduzam o concreto, minimizando a segregação, tais como [funis, calhas e trombas, por Exemplo].

16.5. Adensamento do concreto

O concreto lançado e espalhado deve ser, imediatamente, vibrado ou apiloado de forma contínua e

enérgica, com equipamento compatível com a sua consistência. O adensamento deve ser cuidadoso para que o concreto preencha todos os espaços das fôrmas, onde está contido.

Tanto o lançamento quanto o adensamento devem ser feitos tomando-se todos os cuidados necessários para evitar a formação de ninhos de pedra, ou seja, evitar a segregação dos materiais.

Deve-se evitar a

vibração da armadura para que não se formem vazios ao seu redor, com prejuízos da aderência.

16.5.1. Adensamento com vibradores de imersão

Quando o adensamento do concreto for feito por meio de vibradores de imersão a espessura da camada deve ser aproximadamente igual a $\frac{3}{4}$ do comprimento da agulha. Ao vibrar uma camada de concreto, o vibrador deve penetrar cerca de 10 cm na camada anterior.

Em todos os casos, a altura da camada de concreto a ser adensada deve ser menor que 50 cm, de modo a facilitar a saída de bolhas de ar.

Na utilização dos vibradores de imersão, devem ser tomados os seguintes cuidados durante o adensamento:

—Utilizar o vibrador, preferencialmente, na posição vertical.

—Vibrar, por curtos períodos tempo, no maior número, possível, de pontos ao longo do elemento estrutural, é melhor que vibrar por longos períodos, em menor número de pontos.

—Retirar o vibrador lentamente, mantendo-o sempre ligado, a fim de que a cavidade formada pela agulha se feche novamente.

—Não permitir que o vibrador entre em contato com a parede da fôrma, evitando, assim, a formação de bolhas de ar na superfície da peça. Observar cantos e arestas, não permitindo que se formem vazios nestas regiões.

—Mudar o vibrador de posição quando a superfície, vibrada, apresentar um leve brilho.

—Cuidado; pois tanto a falta quanto o excesso de vibração são muito prejudiciais ao concreto.

—O espalhamento do concreto nunca deve ser feito com vibrado. Vibrador é para vibrar.

16.6. Juntas de concretagem

Quando, por algum imprevisto, for preciso interromper o lançamento do concreto e, assim, se formar uma junta de concretagem não prevista ou não planejada [junta fria], devem ser tomadas as devidas providencias para garantir que, na retomada, da concretagem seja possível uma ligação suficientemente adequada, do concreto já endurecido com o concreto novo.

O concreto deve ser vibrado, adequadamente, até a superfície da junta. Para facilitar o, perfeito, adensamento, até este limite, utilizam-se fôrmas temporárias [por exemplo, formas tipo “pente” ou telas de nylon de malha fina presa na armadura], garantindo-se, assim, apropriadas condições de adensamento. A junta pode ser feita na vertical ou inclinada, preferencialmente a 45°.

A junta de concretagem não prevista, [junta fria], sempre que possível, devem ser evitadas em locais onde as tensões de tração sejam elevadas e não haja armaduras suficientes para absorver

estas tensões. Não sendo possível, é preciso ouvir a opinião do projetista/calculista, antes de reiniciar o serviço de concretagem. O reinício da concretagem não deve ocorrer antes de 72 horas.

Para prevenir-se e garantir a resistência, a eventuais esforços que possam agir na superfície da junta, uma medida adequada consiste em deixar arranques da armadura ou barras cravadas [armadura de costura] ou reentrâncias no concreto mais velho.

A junta deve ser tratada, antes do reinício da concretagem. O tratamento pode ser feito, logo após o “fim de pega” do concreto, através da aplicação de jato d’água com alta pressão [“corte verde”] ou com o concreto já endurecido, aplicando-se um jateamento abrasivo [por exemplo jato de areia] ou, ainda, através de um apicoamento, muito bem feito, da superfície da junta. Seja qual for a forma de tratamento da junta, o agregado graúdo deve ficar aparente e limpo para promover uma boa aderência entre o concreto antigo [endurecido] e o concreto novo [fresco]. No caso do concreto já endurecido

este, deve ter resistência suficiente para não sofrer perdas significativas e não formar vazios na região da junta de concretagem.

24 horas antes do reinício da concretagem a junta, devidamente tratada, deve ser lavada aplicando-se jato d’água com alta pressão retirando-se, assim, qualquer partícula solta ou sujeira, eventualmente, existente na superfície da junta. A junta deve permanecer saturada até a hora da concretagem, quando deve ser removido, por meio de jato de ar, qualquer excesso de água do local. Sobre a superfície da junta aplica-se uma fina camada de argamassa, de mesma resistência do concreto, e aplica-se o concreto. É recomendado a utilização de vibradores de alta frequência, na região da junta para que não haja risco de deixar vazios na junta.

As juntas de concretagem, sempre que possível, devem ser previstas no projeto estrutural, [junta planejada] que deve indicar de forma precisa o local e a configuração de sua superfície e deve estar localizadas onde forem menores os esforços de cisalhamento, preferencialmente em posição normal aos esforços de compressão, salvo se demonstrado que a junta não provocará a diminuição da resistência do elemento estrutural. No caso de vigas ou lajes apoiadas em pilares, ou paredes, o lançamento do concreto deve ser interrompido no plano horizontal. As juntas verticais, [interrupções planejadas], deve ter uma fôrma no local exato onde vai ocorrer a suspensão da concretagem. As interrupções planejadas devem ser coincidentes com as juntas de dilatação [NBR 6118]. Este tipo de junta tem a vantagem de facilitar o adensamento do concreto, e por ficar na

posição vertical não há o aparecimento de materiais, como a nata, que possam prejudicar a aderência do concreto novo.

16.7. Concretagem em tempo muito frio

A temperatura da massa de concreto, no momento do lançamento, não deve ser inferior a 5°C. A concretagem deve ser suspensa sempre que estiver prevista queda na temperatura ambiente para, abaixo de 0°C nas 48 h seguintes salvo, se houver disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra.

16.8. Concretagem em tempo quente

Quando a concretagem for efetuada em temperatura ambiente muito quente [maior ou igual a 35°C] e, em especial, quando a umidade relativa do ar for baixa [menor ou igual a 50%] e a velocidade do vento alta [maior ou igual a 30 m/s], devem ser adotadas as medidas necessárias para evitar a perda de consistência, para isto utiliza-se um bom aditivo. Para reduzir a temperatura da massa de concreto, neste caso substitui-se parte da água de amassamento por gelo. Para minimizar os efeitos do vento constrói-se anteparos ou barreiras para quebrar ou mudar sua direção fazendo com que o vento não incida diretamente sobre a superfície da peça que está sendo concretada, principalmente se esta peça tiver grande área exposta.

Imediatamente após as operações de lançamento, adensamento e acabamento do concreto, devem ser tomadas providências para reduzir a perda de água do concreto, ou seja, entra-se com a cura, inicialmente a cura química e depois a cura úmida.

A concretagem deve ser suspensa se as condições ambientais forem adversas, com temperatura ambiente superior a 40°C ou ventos acima de 60 m/s.

A não ser que existam disposições em contrário, estabelecidas no projeto ou definidas pelo responsável técnico pela obra.

17. ACABAMENTO DO CONCRETO

Para obter uma superfície durável e uniforme de concreto, processos adequados devem ser cuidadosamente seguidos.

A princípio, a escolha do traço e conseqüentemente da consistência do concreto devem atender aos requisitos de projeto da estrutura e às condições de trabalhabilidade necessárias. Os processos de lançamento e adensamento devem ser realizados de forma a obter um material homogêneo e

compacto, ou seja, sem apresentar vazios na massa de concreto, com o mínimo manuseio possível, para se obter os resultados desejados no acabamento das peças concretadas.

Deve ser evitada a manipulação excessiva do concreto, como processos de vibração muito demorados ou repetidos em um mesmo local, que possa provocar a segregação do material e a migração do material fino e da água para a superfície [exsudação], prejudicando a qualidade da superfície final com o conseqüente aparecimento de efeitos indesejáveis. Os acabamentos podem ser sarrafeados, vassourados ou lisos, dependendo do objetivo.

18. CURA DO CONCRETO

A cura do concreto é um conjunto de procedimentos levados a efeito, visando evitar ou minimizar a perda da água de amassamento, de forma prematura, pela superfície exposta.

No caso de lajes deve-se ter muito cuidado com a cura, visto que a área exposta é muito grande. No caso de fundo de vigas e faces de pilares a atenção é menor, pois são peças protegidas pelas fôrmas. No caso de estruturas de grande volume e pouca área, como grandes blocos, a cura se torna importante por razões térmicas.

Para a escolha do processo de cura, mais adequado, deve-se levar em consideração a umidade relativa do ar no ambiente da obra, temperatura ambiente e a velocidade do vento.

Dentre estes procedimentos estão a **cura química, a cura úmida e a cura térmica.**

A **cura química** consiste na aplicação, sobre a superfície da peça concretada, logo após o acabamento, de produtos químicos, apropriados e em taxas adequadas, formando uma membrana protetora contra a evaporação da água. **A cura química não substitui a cura úmida.**

A **cura úmida** consiste em, logo após o fim da pega do concreto, se manter a peça, molhada, através da criação de uma lâmina d'água sobre a superfície da peça ou por meio de molhagem contínua com mangueiras ou dispositivos aspersores, apropriados ou ainda com a utilização de mantas ou sacos de **aniagem** estendidos sobre a superfície da peça e mantidos sempre úmidos. **A cura úmida deve ser mantida por, no mínimo 7 dias.**

A **cura térmica ou cura a vapor** é um processo que consiste em se manter a peça em ambiente fechado e aplicar vapor d'água, saturado, em temperaturas acima da temperatura ambiente e nunca superior a 70°C. Este é um processo que visa o ganho de resistência, nas primeiras idades, através da aceleração das reações de hidratação do cimento. Este processo é empregado na indústria de peças de concreto pré-fabricadas e em locais com temperaturas muito baixas.

19. CONTROLE DOS MATERIAIS COMPONENTES DO CONCRETO

O controle tecnológico visa comprovar a qualidade dos materiais empregados na elaboração do concreto e que estes atendam aos requisitos exigidos nas normas respectivas.

Deve ser elaborado um “*programa ou plano de controle tecnológico*”, dos materiais, em função do grau de responsabilidade da estrutura, das condições de agressividade existentes no local da obra, do conhecimento prévio das características dos materiais disponíveis para a execução das obras e outras condições estabelecidas pelos responsáveis por este controle. No “*programa de controle tecnológico*” dos materiais, deve ficar acordado entre, a empresa contratada, o representante do proprietário da obra e a fiscalização, por este designada, **as quantidades e a frequência com que deverão ser analisados, cada um dos materiais componentes do concreto.**

Os responsáveis pela programação e realização do controle tecnológico e o pessoal envolvido na sua execução, nas condições estabelecidas neste documento, devem possuir qualificação e experiência comprovadas nesta atividade.

Os ensaios de controle, dos materiais componentes do concreto, devem seguir orientações da NBR 12654.

Ao término da obra deve ser elaborado um relatório conclusivo, contendo todos os resultados obtidos e análises efetuadas, encerrando com um parecer conclusivo da qualidade dos materiais constituintes do concreto, emitido pelo responsável pelo controle e com a aprovação do representante do proprietário da obra e da fiscalização, por este designada.

Este relatório deve fazer parte dos documentos de aceitação da obra.

20. CONTROLE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO

O controle da resistência do concreto, leva ao estabelecimento, à luz da NBR 12655, de um plano de amostragem adequado às características da obra.

20.1. Formação de lotes.

A formação dos lotes é definida dividindo-se a estrutura em subtrechos [lotes], cada lote deve ser amostrado de forma que atenda a todos os limites estabelecidos na NBR 12655 [Tabela 7]. Desta forma, os concretos são separados em: concretos utilizados em peças submetidas a esforços de

compressão ou compressão e flexão e ainda concretos empregados em peças submetidas somente à flexão simples.

Na prática os lotes são obtidos separando-se, concretos empregados em fundações, concretos utilizados em pilares e concretos usados em lajes e vigas.

Em peças especiais, consideradas como casos particulares, o lote é definido pelo volume de concreto ou pela responsabilidade da estrutura, podendo, o concreto empregado, nestes casos, independente do volume ou do tipo de solicitação ser considerado um único lote.

O lote é um volume, definido, de concreto elaborado e aplicado sob condições uniformes, ou seja, mesmo tipo e classe de cimento, agregados de mesma procedência, mesma classe de resistência, mesma classe de consistência, mesmos procedimentos de produção e mesmos equipamentos, ou seja, concreto da mesma família.

20.2. Plano de Amostragem

Com os lotes definidos, dividindo-se a estrutura, deve ser estabelecido o “plano de amostragem”, que consiste na definição da quantidade de exemplares a ser ensaiada. Esta quantidade de exemplares é função do tipo de controle a ser implementado. Para os “concretos preparados por empresa de serviços de concretagem” são empregados dois tipos de controle:

“Controle estatístico do concreto por amostragem parcial” ou “Controle do concreto por amostragem total.”

A concretagem deve ser devidamente mapeada, para identificar os locais exatos de aplicação do concreto e a posição correta de retirada das amostras. Isto dá rastreabilidade aos ensaios.

No caso do “Controle estatístico do concreto por amostragem parcial” as amostras devem ser coletadas, aleatoriamente, durante a operação de concretagem, conforme a NBR NM 33. Cada exemplar deve ser constituído por dois corpos-de-prova, da mesma betonada, moldados conforme a NBR 5738, para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato da concretagem. Toma-se como resistência do exemplar o maior dos dois valores obtidos no ensaio do exemplar.

Para este tipo de controle, em que são retirados exemplares de algumas betonadas de concreto, o lote deve ter, no mínimo, seis exemplares para os concretos do grupo I [classes até C50, inclusive] e 12 exemplares para os concretos do grupo II [classes superiores a C50], conforme define a NBR 8953.

Para o “Controle do concreto por amostragem total,” todas as betonadas são amostradas e representadas por um exemplar, que define a resistência à compressão do concreto daquela

betonada. Neste caso cada betonada é um lote e a resistência característica, estimada, à compressão, f_{ck} estimado é igual a resistência à compressão da betonada, [f_{ck} , estimado é igual ao f_c da betonada].

21. CONTROLE ESTATÍSTICO DO CONCRETO POR AMOSTRAGEM PARCIAL

Neste tipo de controle, os lotes com número de exemplares [$6 \leq n \leq 20$], o valor estimado da resistência característica à compressão [$f_{ck,est}$], na idade especificada, é dado por:

$$f_{ck,est} = 2 \cdot \left(\frac{(f_1 + f_2 + \dots + f_m - 1)}{m - 1} \right) - f_m$$

$$m = \frac{n}{2}$$

Onde:

$f_1 + f_2 + \dots + f_m$ - Valores das resistências dos exemplares, em ordem crescente.

$f_{ck,est}$ - Resistência característica do concreto estimada, em mega pascal [MPa].

n - Número de exemplares.

Despreza-se o valor mais alto de n , quando o número de exemplares for ímpar.

Não se deve tomar para $f_{ck,est}$ valor menor que $(\Psi_6 f_1)$, adotando-se para Ψ_6 os valores da **tabela 4**, em função da condição de preparo do concreto e do número de exemplares da amostra, admitindo-se interpolação linear.

Os lotes com número de exemplares [$n \geq 20$], o valor estimado da resistência característica à compressão [$f_{ck,est}$], na idade especificada, é dado por:

$$f_{ck,est} = f_{cm} - 1,65 S_d$$

$$S_d = \left(\frac{1}{n - 1} \right) \cdot \sum (f_i - f_{cm})^2)^{0,5}$$

Onde:

f_{cm} - Resistência média dos exemplares do lote, em [MPa].

S_d - Desvio padrão da amostra de n elementos, calculado com um grau de liberdade a menos [$n-1$] no denominador da fórmula, em [MPa].

20.1 Controle do concreto por amostragem total

Neste tipo de controle, o $f_{ck,est}$ é dado por:

$$f_{ck,est} = f_{c,betonada}$$

Onde:

$f_{c,betonada}$ - Valor da resistência à compressão do exemplar que representa o concreto da betonada.

Tabela 4 — Valores de Ψ_6

Condição de preparo	Número de exemplares (n)														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	≥ 16
A	0,82	0,89	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,01	1,02
B ou C	0,75	0,80	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02
NOTA	Os valores de n entre 2 e 5 são empregados para os casos excepcionais.														

No caso dos concretos produzidos por betoneiras de pequeno volume, concretos produzidos na obra, e sempre que o número total de betonadas [o lote] seja superior ao número de exemplares da amostragem que representa este lote, trata-se de amostragem parcial. Nestes casos pode-se dividir a estrutura em lotes correspondentes a, no máximo, 10 m³ e amostrá-los com número de exemplares entre 2 e 5. Nestes casos, denominados de “Casos excepcionais,” o valor, estimado, da resistência característica é dado por:

$$f_{ck,est} = \Psi_6 \cdot f_1$$

Onde:

Ψ_6 é dado pela tabela 4 acima, para os números de exemplares de 2 a 5.

22. CONFORMIDADE DOS LOTES ANALISADOS

No caso de amostragem parcial, e dos exemplares, no caso de amostragem total [100%], os lotes de concreto devem ser aceitos quando o valor estimado da resistência característica, calculado conforme item 20 desta especificação, ou o valor de cada exemplar, de uma amostragem total atender à resistência característica do concreto, à compressão, especificada no projeto estrutural.

22.1. Aceitação do concreto

O concreto deve ser aceito ou recebido, desde que atenda todas as condições apontadas, ou orientadas, por esta especificação particular e estabelecidas na NBR 12655. Caso ocorram não conformidades, recorrer a NBR 7680 e NBR 6118.